

## 16. Chemické účinky ionizujícího záření

Jde o chemické změny vyvolané absorpcí ionizujícího záření v látkách

⇒ **radiačně - chemické reakce**

Studuje je **RADIAČNÍ CHEMIE**

- chemické změny v látkách jsou důsledkem tzv. **radiolýzy** (rozklad látek účinkem záření)
- společně s radiolýzou však mohou probíhat i **reakce syntetické** mezi zpravidla velmi reaktivními produkty radiolýzy

Jednoduchou interakcí záření s hmotou jsou:

- ▶ **rekombinace molekulových iontů** vzniklých ionizací za vzniku původní ale excitované molekuly

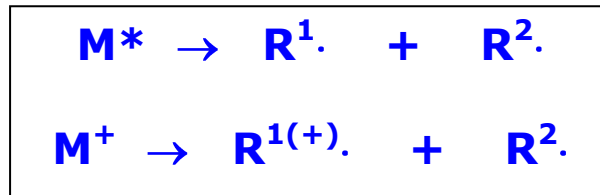


- ▶ **iontově-molekulové reakce**

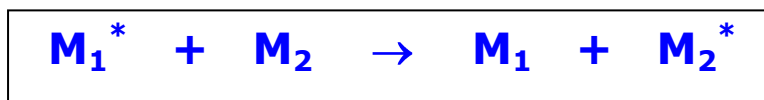


- ▶ Tyto reakce probíhají po interakci s ionizujícím zářením a jsou velmi rychlé ( $\sim 10^{-14}$  s)
- ▶ molekulový ion má současně charakter radikálu

- ▶ v případě kapalně a polární látky M se elektrony vzniklé ionizací zpomalují a solvují se (tzv. **solvatované elektrony**)
- ▶ některé vazby vysoce excitovaných molekul nebo molekulových iontů se často homolyticky štěpí za vzniku radikálů



- ▶ mezi molekulami dochází k přenosu energie



- ▶ definuje se **výtěžek radiačně-chemických reakcí** jako počet částic vzniklých při sdělení energie **100 eV** absorbované látky

*(např. běžná rychlost vzniku produktu při dávkovém příkonu  $1 \text{ Gy}\cdot\text{s}^{-1}$  a výtěžku jedné částice /100 eV absorbované energie je **cca  $1\cdot 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{s}^{-1}$**  )*

- ▶ celkový výtěžek je tedy úměrný celkové absorbované dávce  $\Rightarrow$  aby se dosáhlo významných koncentrací produktů, musí se ozařovat vysokými dávkami

- ▶ v radiační chemii se výhradně používá k ozařování

**$^{60}\text{Co}$**

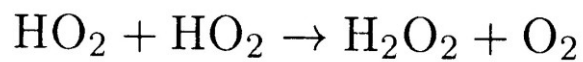
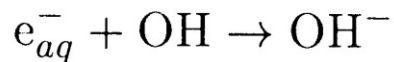
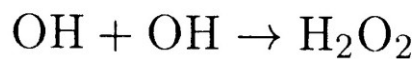
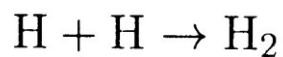
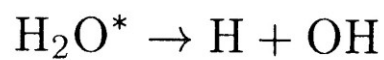
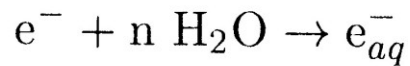
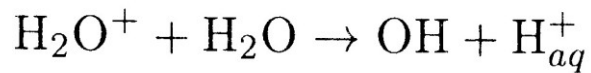
zdroj o aktivitě  $1,4\cdot 10^{14} \text{ Bq}$  dává dávkový příkon  $10^4 \text{ Gy}\cdot\text{s}^{-1}$

**elektrony** (z lineárního urychlovače) o energii 2-10 MeV

## **Příklady ozařovacích procesů**

Radiačně-chemické reakce se nejlépe studují v kapalně fázi.

➤ ozařování vody



Pokud voda obsahuje rozpuštěný kyslík, pak ještě probíhají další reakce (**kyslíkový efekt**):



(Vznikající radikály takto při ozáření živého organismu obsahujícího vodu zvyšují riziko jeho poškození)

➤ ozařování vodných roztoků

- přímá interakce záření s rozpuštěnou látkou je málo pravděpodobná (vzhledem k nadbytku vody)
- chemické změny rozpuštěných látek jsou důsledkem jejich reakce s produkty radiolýzy vody (radikály H, OH, v přítomnosti kyslíku také HO<sub>2</sub>, solvatovaný elektron aj.)
- při reakcích s těmito částicemi se uplatňují především jejich redoxní vlastnosti

ozařovaný vodný roztok	působící agens	produkty
Fe <sup>2+</sup>	H, HO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Fe <sup>3+</sup>
glukóza	H, OH	kyselina glukonová
glycin		NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , kys. octová, kys. glyoxalová
adenin		NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , kys. šťavelová deriváty adeninu deriváty pyridiminu jiné heterocykly

➤ ozařování jiných roztoků

Ozařovaná látka	Produkty ozařování
n-hexan	H <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> uhlovodíky C <sub>2</sub> – C <sub>12</sub> hexen
benzen	H <sub>2</sub> cyklohexadien bifenyl

## Konkrétní využití radiačně chemických reakcí:

### 1. chemická dozimetrie ionizujícího záření

- používá se k měření vysokých dávek, kdy nelze použít klasických dozimetrů (jsou příliš citlivé)
- $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$  (okyselený a provzdušněný roztok železnaté soli)
- dávka se určuje na základě koncentrace  $\text{Fe}^{3+}$  (až 500 Gy)
- citlivost dozimetru lze záměrně snížit přidávkem  $\text{Cu}^{2+}$  (vznikající  $\text{Cu}^+$  redukuje již vzniklé železité ionty – lze zvýšit horní mez měření dávek až na  $10^5$  Gy)

### 2. vliv záření na polymery

- záření vyvolává v hotových polymerech následné reakce :

**zesíťování** – PE, kaučuky, silikonové kaučuky, polyamidy

**degradaci** – nepříznivý vliv, zhoršují se vlastnosti polymerů

**pozitivní vliv degradace** – výroba některých látek

- při ozařování teflonu vznikají nízkomolekulární fluorované uhlovodíky sloužící jako maziva
- degradace celulózy vede ke vzniku Traumacelu (zastavuje krvácení)
- zpracování celulóзовých odpadních hmot pro přípravu krmiv – (ozařené dávkou  $10^5 - 10^6$  Gy, spojené s kyselou nebo enzymatickou hydrolýzou)

- ozářený polypropylen (mikroten) se snadno odbourává působením půdních mikroorganismů
- hlavní význam radiační degradace polymerů je při likvidaci plastů – ozářením se plasty naruší a snadněji se pak spalují

### 3. radiační polymerace (nejčastěji pomocí $^{60}\text{Co}$ )

- působením záření na monomery vznikají radikály, které startují polymerační reakce
- konzervace předmětů kulturního dědictví po jejich poškození atmosférickými vlivy nebo škůdci (monomer se nechá vsáknout do předmětu a pak se zpolymeruje ozářením)
- povrchové radiační roubování (na povrch polymeru, skla, kamene apod. se nanese tenká vrstva monomeru a „naroubuje“ se na podklad ozářením)
- tento postup zlepšuje vlastnosti materiálu – zvyšuje se odolnost, nehořlavost, barvitelnost, hydrofobnost nebo naopak hydrofilnost apod.
- vytvrzování nátěrových hmot ozářením
- ozářené polymerní fólie mají zlepšenou schopnost potisku, metalizace apod.
- textilní tkaniny se vyznačují sníženou mačkavostí a zvýšenou barvitelností
- ve farmacii se na nosič roubováním dodá aktivní složka, která se pak postupně v těle uvolňuje

### 4. radiační úprava odpadních vod

perspektivní využití pro odbourávání škodlivin v odpadních vodách (fenoly. bifenyly. pesticidy a jiné polutanty)